ГУАП

КАФЕДРА № 41

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

кандидат физ.-мат. наук,		Литвинова Н.Н.
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №10

″ Определение удельного заряда электрона″

по курсу: ОБЩАЯ ФИЗИКА

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. №			
		подпись, дата	инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2018

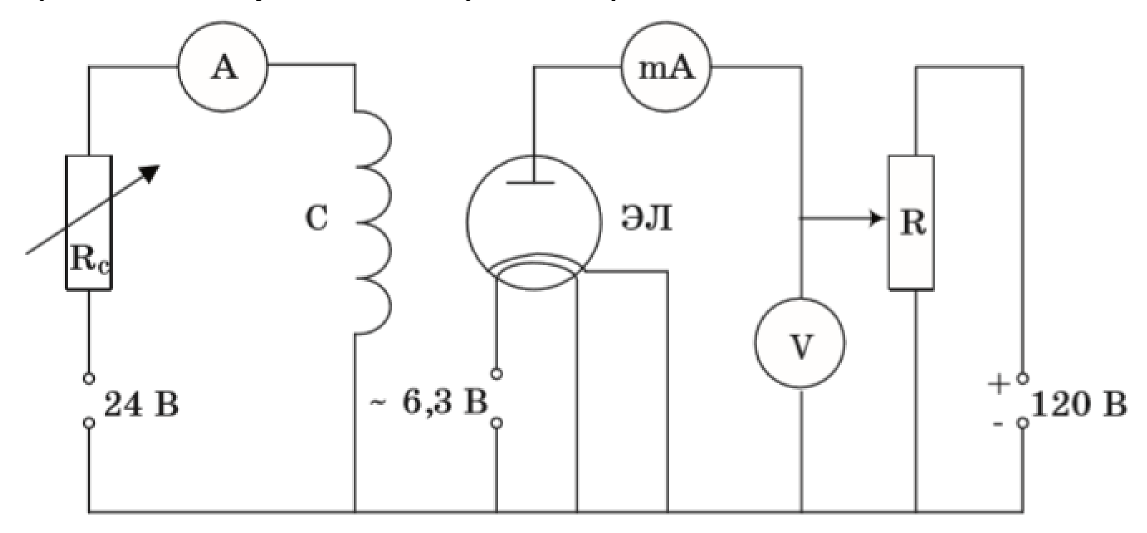
1. Цель работы.

<u>Цель работы:</u> определить удельный заряд электрона с помощью магнетрона.

2. Описание лабораторной установки.

<u>Определение удельного заряда</u> электрона с помощью магнетрона.

Электрическая схема установки изображена на рис. 3.



На рисунке: ЭЛ – электронная лампа; С – соленоид; анодное напряжение устанавливается с помощью реостата R и контролируется вольтметром V; анодный ток измеряется миллиамперметром мА. Ток в соленоиде изменяется с помощью переменного сопротивления Rc и измеряется амперметром А. Параметры намотки соленоида: число витков N = 2006; длина L = 167 мм;
79
диаметр D = 62 мм. Параметры электродов лампы: радиус анода ra = 6 мм; радиус катода rк = 0,3 мм.

Технические характеристики приборов:

Таблица 1

Прибор	Цена деления	Предел измерений	Класс точности	Систематическая погрешность
Миллиамперметр	0,01 мА	99,99 мА	-	3
Вольтметр	0,5 А	150 А	1,5	2,25
Амперметр	0,1 В	30 В	1,5	0,045

3.Рабочие формулы.

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}} I_{кр} \quad (1)$$

N – число витков в соленоиде; L – его длина; D – диаметр;
$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_{кр}^2 r_a^2 \left(1 - r_к^2 / r_a^2\right)^2} \qquad (2)$$

Ua – анодное напряжение
ra – радиус анода
e – абсолютная величина заряда электрона, m – его масса

4.Результаты измерений.

Таблица 2

U=50В	
I A	I mA
0,6	2,54
0,7	2,52
0,8	2,26
0,9	1,27
1	0,46
1,1	0,35
1,2	0,05
1,3	0,03
1,4	0,02
1,5	0,01
1,6	0,01
1,7	0

U=60В	
I A	I mA
0,6	2,78
0,7	2,77
0,8	2,56
0,9	1,88
1	0,48
1,1	0,42
1,2	0,19
1,3	0,04
1,4	0,03
1,5	0,02
1,6	0,01
1,7	0,01
1,8	0

U=70В	
I A	I mA
0,6	3,06
0,7	3,05
0,8	2,88
0,9	2,31
1	0,85
1,1	0,48
1,2	0,25
1,3	0,05
1,4	0,04
1,5	0,02
1,6	0,01
1,7	0,01
1,8	0,01
1,9	0

Таблица 3

Ua, В	Iкр, А	Вкр, Тл	e/m, Кл/кг
50	0,9	0,013	$0{,}66 * 10^{11}$
60	0,9	0,013	$0{,}792 * 10^{11}$
70	0,9	0,013	$0{,}924 * 10^{11}$

5. Результаты вычислений.

4.1 По формуле (1)

$$B_{кр} = \frac{4\pi * 10^{-7} * 2006}{(0{,}167^2 + 0{,}162^2)^{0{,}5} * 0.9} = 0{,}013 \text{ Тл (Опыт 1,2,3)}$$

4.2 По формуле (2)

$$e/m = \frac{8 * 50}{0{,}013^2 * 0{,}006^2 * \left(1 - \left(\frac{0{,}0003}{0{,}006}\right)^2\right)^2} = 0{,}66 * 10^{11} \text{ Кл/кг (Опыт 1)}$$

$$e/m = \frac{8 * 60}{0{,}013^2 * 0{,}006^2 * \left(1 - \left(\frac{0{,}0003}{0{,}006}\right)^2\right)^2} = 0{,}792 * 10^{11} \text{ Кл/кг (Опыт 2)}$$

$$e/m = \frac{8 * 70}{0{,}013^2 * 0{,}006^2 * \left(1 - \left(\frac{0{,}0003}{0{,}006}\right)^2\right)^2} = 0{,}924 * 10^{11} \text{ Кл/кг (Опыт 3)}$$

$$e/m_{ср} = \frac{(0{,}66 + 0{,}792 + 0{,}924) * 10^{11}}{3} = 0{,}792 * 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

6. Расчет погрешностей.

Систематическая погрешность приборов

$\Theta = X_{max} * k/100$

X_{max}-предел измерений

k- класс точности

θ=150*1.5/100=2.25 В

θ=30*2/100=0.045 А

Систематическая погрешность:

$$\Theta_{Bk} = \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}} \Theta_{кр} = \frac{4*3.14*10\text{^}(-7)*2006*0.045}{\sqrt{0.167\text{^}2+0.062\text{^}2}} = 6.4*10\text{^}(-4) \text{ Тл}$$

$$\Theta_{e/m} = \frac{8*U_a}{B_{кр}{}^3 * r_a{}^2 * \left(1 - \frac{r_к{}^2}{r_a{}^2}\right)^2} * \Theta_{bk} =$$

$$\frac{8 * 60}{(6{,}4 * 10^{-4})^2 * (6 * 10^{-3})^2 * \left(1 - \frac{(0{,}3 * 10^{-3})^2}{(6 * 10^{-3})^2}\right)^2}$$

$= 0{,}02 * 10^{11}$ Кл/кг

7. Вывод.

Определил удельный заряд электрона с помощью магнетрона: $e/m=0{,}792*10^{11}$ +- $0.02*10^{11}$ Кл/кг
Систематическая погрешность приборов:
$\theta v=2.25$ В
$\theta a=0.045$ А

Данное значение удельного заряда электрона не совпадает с теоретическим значением ($1{,}75*10^{11}$ Кл/кг) в пределах погрешности. Это может быть связано с неточностью измеренных значений Iкр и Вкр



ОТВЕТЫ --->>СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050

Имя

- Индивидуальное задание
- ЛР исследование гистерезиса ферромагнитных материалов
- ЛР определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля зе...
- ЛР определение удельного заряда электрона
- ЛР определение электроемкости конденсатора
- ЛР процессы установления тока при разрядке и зарядке конденсаторов
- Методички
- тест LMS 1
- Экзамен
- Бипризма Френеля 1
- Кольца Ньютона 1
- КОНТАКТЫ
- Литвинова Надежда Николаевна
- ЛР исследование магнитного поля соленоида
- ЛР кольца Ньютона
- ЛР Проверка законов теплового излучения
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 1
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 2
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 3
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 4
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...

ОТВЕТЫ -->>СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/PgjdK_eMGWoIJQ

Лабораторная работа № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Цель работы: определить удельный заряд электрона с помощью магнетрона.

Теоретические сведения

Траектория и другие характеристики движения заряженной частицы в электрическом и магнитном полях определяются конфигурацией этих полей, ориентацией вектора скорости и отношением заряда частицы к ее массе (*удельным зарядом*).

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила, которую называют *магнитной*:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v}\times\mathbf{B},$$

где q – заряд частицы; $\mathbf{v}$ – её скорость; $\mathbf{B}$ – индукция магнитного поля.

Направлена эта сила перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы $\mathbf{v}$ и $\mathbf{B}$. Модуль магнитной силы

$$F = qvB \sin \alpha,$$

где α – угол между векторами $\mathbf{v}$ и $\mathbf{B}$.

Если имеются одновременно электрическое и магнитное поля, то сила, действующая на заряженную частицу, называется *силой Лоренца* и определяется как

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E}+\mathbf{v}\times\mathbf{B}),$$

где $\mathbf{E}$ – напряженность электрического поля.

Метод измерений

Существуют различные методы определения удельного заряда электрона e/m (e – абсолютная величина заряда электрона, m – его масса), в основе которых лежат законы движения электрона в электрическом и магнитном полях. Один из них – *метод магнетрона* (конфигурация полей в нем напоминает конфигурацию полей в магнетронах – генераторах электромагнитных колебаний сверхвысоких частот).

Метод магнетрона состоит в следующем. Электронная лампа с двумя цилиндрическими коаксиальными электродами помещается

внутри соленоида с той же осью. При разности потенциалов между электродами возникает электрическое поле. При пропускании тока в соленоиде создается магнитное поле. Электроны эмитируются нагретым катодом (внутренним электродом).

Если тока в соленоиде нет, электроны движутся радиально к аноду (внешнему электроду). Устанавливается анодный ток.

При токе в соленоиде на электроны начинает действовать магнитная сила, под действием которой их траектории искривляются. При увеличении тока в соленоиде электроны перестают достигать анода. Анодный ток падает.

Рассмотрим подробнее движение электрона во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. Электрическое поле направлено радиально к оси магнетрона, магнитное поле – вдоль этой оси.

Введем цилиндрическую систему координат, в которой положение электрона определяется расстоянием r от оси, полярным углом φ в плоскости, перпендикулярной оси, и координатой z вдоль оси. Движение электрона в двухэлектродной лампе в магнитном поле соленоида показано на рис. 1.

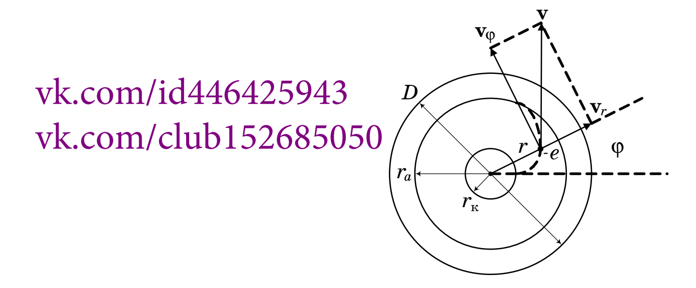


Рис. 1

Движение электрона описывается уравнением моментов

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \mathbf{M}. \qquad (1)$$

Момент импульса L_z электрона относительно оси z на расстоянии r от неё

$$L_z = mv_\varphi r,$$

где v_φ – составляющая скорости, перпендикулярная радиусу и оси.

Компонента M_z момента сил, действующих на электрон

$$M_z = rev_rB,$$

где

$$v_r = \frac{dr}{dt} \; -$$

радиальная составляющая скорости электрона.

Проектируем (1) на ось z

$$\frac{d(mv_\varphi r)}{dt} = rev_r B = eBr\frac{dr}{dt} = \frac{1}{2}eB\frac{dr^2}{dt}$$

и интегрируем

$$mv_\varphi r = (1/2)eBr^2 + \text{const} .$$

Начальная скорость электрона, вылетевшего из катода, определяется температурой катода. Если эта скорость много меньше скорости, приобретаемой электроном при движении в электрическом поле лампы, ею можно пренебречь.

Константу найдем из начальных условий:

$$v_\varphi = 0$$

при

$$r = r_к \; (r_к \text{ – радиус катода}).$$

Тогда

$$\text{const} = -(1/2)eBr_к{}^2$$

и

$$v_\varphi = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{B}{r}(r^2 - r_к^2). \qquad (2)$$

Кинетическая энергия электрона будет равна работе сил электрического поля

$$\frac{m(v_r^2 + v_\varphi^2)}{2} = eU, \qquad (3)$$

где U – потенциал относительно катода точки поля, в которой находится электрон.

Подставляя в (3) значение v_φ из (2), получаем

$$eU = \frac{m}{2}\left(v_r^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{e}{m}\right)^2 \frac{B^2}{r^2}\left(r^2 - r_к^2\right)\right). \qquad (4)$$

vk.com/id446425943
vk.com/club152685050

Вблизи анода $r = r_a$ (r_a – радиус анода) и $U = U_a$ (U_a – анодное напряжение). Для каждого значения анодного напряжения U_a при некотором значении магнитной индукции $B = B_{кр}$, которое называют *критическим*, скорость электрона вблизи анода станет перпендикулярной радиусу ($v_r = 0$). Тогда уравнение (4) примет вид

$$eU_a = \frac{m}{8}\left(\frac{e}{m}\right)^2 \frac{B_{кр}^2}{r_a^2}\left(r_a^2 - r_к^2\right)$$

Отсюда находим выражение для удельного заряда электрона

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_{кр}^2 r_a^2 \left(1 - r_к^2 / r_a^2\right)^2}. \qquad (5)$$

Таким образом, если задано $U_а$ и известно $B_{кр}$, можно определить e/m.

Индукция B пропорциональна току в соленоиде $I_с$. На рис. 2 показана экспериментальная зависимость анодного тока $I_а$ от тока в соленоиде $I_с$ (*сбросовая характеристика*).

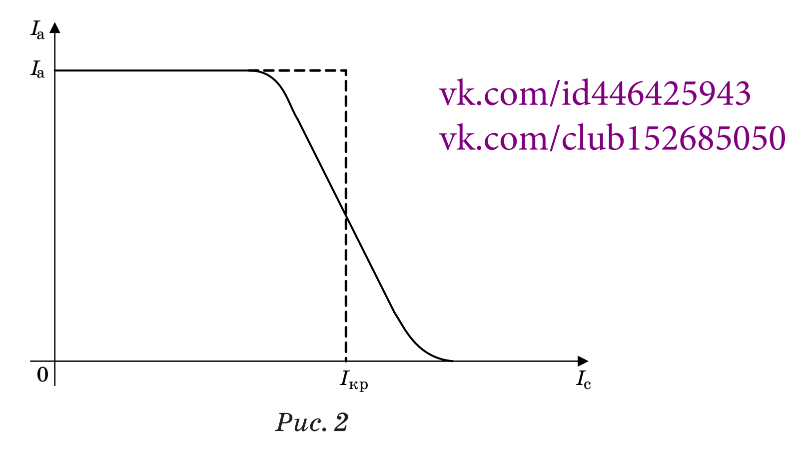


Рис. 2

Если бы у всех электронов параметры движения были бы одни и те же, зависимость анодного тока от тока в соленоиде имела бы вид, показанный пунктирной линией. В этом случае при $I_с < I_{кр}$ все электроны, испускаемые катодом, достигали бы анода, а при $I_с > I_{кр}$ ни один электрон не попадал бы на анод.

Однако невозможно для всех электронов создать одинаковые условия движения. В эксперименте у электронов могут быть раз-

личные $B_{кр}$ и $I_{кр}$. В результате у тока соленоида $I_с$ существует «переходная» область значений, при которых одна часть электронов достигает анода, а другая часть – нет. При этом по мере возрастания тока $I_с$ анодный ток $I_а$ уменьшается.

При расчетах можно взять значение критического тока $I_{кр}$, соответствующее середине самого крутого участка спада или точке перегиба графика сбросовой характеристики. Это значение будет критическим для наибольшего количества электронов.

В центральной части соленоида магнитное поле можно считать однородным и магнитную индукцию рассчитывать как для центральной точки. Тогда

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}} I_{кр}, \tag{6}$$

где N – число витков в соленоиде; L – его длина; D – диаметр; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Лабораторная установка

Электрическая схема установки изображена на рис. 3.

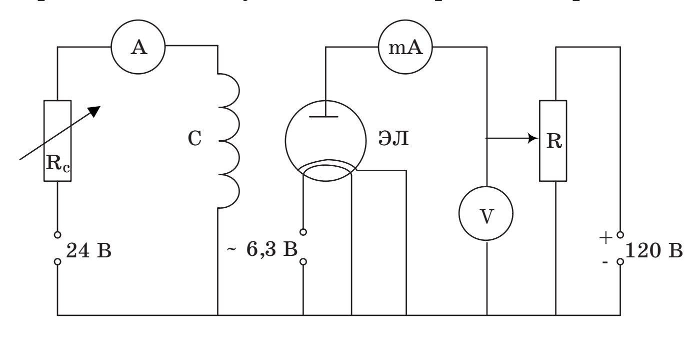


Рис. 3

На рисунке: ЭЛ – электронная лампа; С – соленоид; анодное напряжение устанавливается с помощью реостата R и контролируется вольтметром V; анодный ток измеряется миллиамперметром мА. Ток в соленоиде изменяется с помощью переменного сопротивления R_c и измеряется амперметром А.

Параметры намотки соленоида:
число витков $N = 2006$;
длина $L = 167$ мм;

диаметр D = 62 мм.

Параметры электродов лампы:

радиус анода $r_а$ = 6 мм;

радиус катода $r_к$ = 0,3 мм.

Порядок выполнения работы

1. Установить анодное напряжение $U_а$ = 50 В и занести в табл. 1 и 2.

2. Изменяя ток в соленоиде $I_с$ от минимального (начального) значения до максимального через 0,1 А, снять сбросовую характеристику (зависимость анодного тока $I_а$ от $I_с$). Результаты измерений занести в табл. 1.

3. Повторить пп. 2 и 3 при двух других значениях U_a (>50 В).

4. Для каждого значения $U_а$ построить график сбросовой характеристики $I_а(I_с)$, по графику определить критическое значение $I_{кр}$ и занести в табл. 2.

5. Для каждого значения $I_{кр}$ рассчитать по формуле (6) критическое значение магнитной индукции $B_{кр}$.

6. Для каждой пары $U_а$ и $B_{кр}$ вычислить по формуле (5) величину удельного заряда электрона e/m и определить среднее значение.

7. Оценить погрешность полученной величины e/m.

Таблица 1

$U_а$ = 50 В		$U_а$ = В		$U_а$ = В	
$I_с$	$I_а$	$I_с$	$I_а$	$I_с$	$I_а$

Таблица 2

$U_а$	$I_{кр}$	$B_{кр}$	e/m

vk.com/id446425943
vk.com/club152685050

Контрольные вопросы

1. Какие силы действуют на электроны, движущиеся в электрическом и магнитном полях? Как они направлены?

2. В чём суть метода магнетрона для определения отношения e/m?

3. Что такое критическая индукция и как ее определить?

4. Влияет ли на величину $B_{кр}$ изменение направления тока в соленоиде на противоположное?

5. Зависит ли величина e/m от величины анодного напряжения?